

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРУСНОСТИ ГЕОСИНХРОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ПОЗИЦИОННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ НА ПИКЕ ТЕРСКОЛ

Н. А. Попандопуло¹, В. А. Авдюшев¹, Т. В. Бордовицына¹, И. Н. Чувашов¹,
П. А. Левкина²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,

²Институт астрономии РАН

Представлены результаты совместного определения элементов орбит и параметра парусности объекта $\gamma = A/m$ для группы геосинхронных фрагментов космического мусора на основании позиционных наблюдений, полученных на уникальной научной установке «Цейсс-2000» на Терскольской обсерватории Института астрономии РАН в период 11–25 сентября 2020 г.

DETERMINATION OF AREA-TO-MASS RATIO OF GEOSYNCHRONOUS OBJECTS USING POSITIONAL OBSERVATIONS OBTAINED AT TERSKOL PIKE

N. A. Popandopulo¹, V. A. Avdyushev¹, T. V. Bordovitsyna¹, I. N. Chuvashov¹,
P. A. Levkina²

¹National Research Tomsk State University, ²Institute of Astronomy RAS

The results of the joint determination of the orbital elements and the area-to-mass ratio of the object $\gamma = A/m$ for a group of geosynchronous fragments of space debris based on positional observations obtained at the unique scientific installation Zeiss-2000 at the Terskol Observatory of the Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences during September 11–25, 2020 are presented.

Световое давление при больших значениях парусности является вторым [1, 2] по величине после гравитационного поля фактором, влияющим на движение геосинхронных объектов (ГСО).

Целью настоящей работы было усовершенствование и тестирование разработанного ранее программного комплекса (ПК) «Численная модель движения систем ИСЗ» [3] для определения параметров движения и сил на основе обработки высокоточных позиционных наблюдений. Проверка работоспособности ПК осуществлялась на позиционных наблюдениях группы геосинхронных фрагментов космического мусора. Наблюдения получены на уникальной научной установке «Цейсс-2000» в ЦКП «Терскольская обсерватория» Института астрономии РАН в период 11–25 сентября 2020 г.

Численная модель основана на дифференциальных уравнениях (ДУ) движения, учитывающих как основные возмущающие факторы, так и тонкие эффекты. В усовершенствованном ПК ДУ интегрируются численно коллокационным методом высокого порядка с переменным шагом в арифметике с двойной точностью [4]. Принципиально изменена схема вычисления изохронных производных. Если в предыдущем программном комплексе они вычислялись приближенно с помощью разделенных разностей, то в данном программном комплексе они вычисляются путем интегрирования дифференциальных уравнений для изохронных производных. Это позволяет вычислять изохронные производные с той же точностью, что и вектор положения объекта, что дает возможность повысить точность сходимости процесса определения искомых параметров.

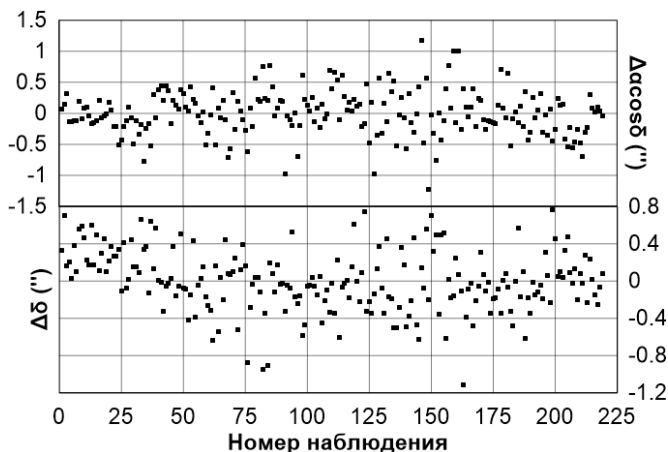
Номер объекта	Число наблюдений	σ , "	A/m , $\text{м}^2/\text{кг}$
90008	219	0.350	0.0102
90031	344	0.494	0.0083
97149	224	0.398	0.0142
90214	302	3.704	0.1008

В процессе улучшения орбиты по данным измерений определялись начальные координаты и скорости объектов в рамках задачи наименьших квадратов, которая решается итерационно с помощью метода Гаусса—Ньютона. В программном комплексе совместно с параметрами орбиты определяется коэффициент парусности $\gamma = A/m$ (где A — площадь миделевого сечения спутника, а m — его масса), определяющий величину влияния светового давления на динамику объекта.

Данные об особенностях процесса улучшения орбит приведены в таблице. Здесь номера объектов даны согласно динамической базе данных космических объектов Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН [5], σ — среднеквадратическая ошибка представления наблюдений.

Как показывают данные, приведенные в таблице, элементы орбит трех из перечисленных выше объектов с номерами 90008, 90031 и 97149 определяются достаточно надежно. Распределение невязок этих объектов очень близко по своей структуре. Для примера на рисунке показано распределение невязок для объекта 90008.

В отличие от орбит трех указанных объектов орбита объекта с номером 90214 определяется с погрешностью, на порядок большей. Кроме того, коэффициент парусности $\gamma = A/m$, полученный по наблюдениям, также на порядок больше, чем у других объектов (см. таблицу).



Распределение невязок объекта № 90008 в зависимости от номера наблюдения

Таким образом, усовершенствованный ПК показал свою пригодность к определению параметров движения ГСО. Параметры орбит и светового давления трех из четырех рас-

смотренных объектов можно считать надежными. Динамика объекта 90214 требует дальнейшего исследования.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0721-2020-0049).

Библиографические ссылки

- [1] Кузнецов Э. Д. О влиянии светового давления на орбитальную эволюцию геосинхронных объектов // *Астрономический вестник*. — 2011. — Т. 45. — С. 444–457.
- [2] Кузнецов Э. Д., Захарова П. Е., Гламазда Д. В. и др. О влиянии светового давления на орбитальную эволюцию объектов, движущихся в окрестности резонансов низких порядков // *Астрономический вестник*. — 2012. — Т. 46. — С. 480–488.
- [3] Александрова А. Г., Бордовицына Т. В., Чувашов И. Н. Численное моделирование в задачах динамики околоземных объектов // *Изв. вузов. Физика*. — 2017. — Т. 60. — С. 69–76.
- [4] Авдюшев В. А. Новый коллокационный интегратор для решения задач динамики. I. Теоретические основы // *Изв. вузов. Физика*. — 2020. — Т. 63. — С. 131–140.
- [5] Молотов И. Е. [и др.]. Проблемы оптического мониторинга космического мусора // *Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша*. — 2020. — С. 17.